

POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název práce:	<i>Testování tuhých maziv pro okolky kolejových vozidel na dvoukotoučovém stroji</i>
Autor práce:	Bc. Jan Netolický (D23447)
Pracoviště:	Katedra dopravních prostředků a diagnostiky, Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice
Studijní program:	N0788A040001 Dopravní Technika, Specializace: Provoz a údržba vozidel
Vedoucí práce:	doc. Ing. Petr Voltr, Ph.D.
Oponent:	doc. Ing. Milan Omasta, Ph.D.
Pracoviště opONENTA:	Ústav konstruování, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně
Datum zpracování posudku:	26. 5. 2025

1 Přístup studenta a zvolená metodika

Student si stanovil jasný cíl: objasnit vliv přítlaku tuhého maziva na třecí podmínky a urychlit vyhodnocení měření na stroji Amsler A-135. K dosažení tohoto cíle byla v první části provedena modifikace zkušebního zařízení, realizace měřicího řetězce a příprava desktopové aplikace pro měření. Experimentální část navazuje na metodiku EN 15427-2-1, ale student ji kriticky rozvinul o posouzení vlivu přítlaku maziva a teploty kotoučů. K přístupu a zvolené metodice mám následující připomínky:

- První část práce byla věnována úpravám zařízení za účelem umožnění digitálního záznamu dat. Zápis dat na váleček je již dosti zastaralý; v této souvislosti bych uvítal rešerši způsobů měření třecí síly u novějších generací dvoukotoučového stroje.
- V rámci návrhu způsobu vyhodnocení třecí síly diplomant provedl geometrický rozbor vlivu vysunutí snímače. Za větší problém považuji odpor proti pohybu, který výrobce snímače uvádí až 15 N při pohybu z klidu. Tím vzniká určitá chyba, která je nelineární a závislá na dynamice tření.
- Z metodického hlediska považuji za největší nedostatek absenci statistické analýzy výsledků, která by umožnila jednoznačně konstatovat, zda je vliv studovaných parametrů statisticky významný či nikoliv.

2 Dosažené výsledky, jejich správnost a praktické využití

Práce přináší hodnotné výsledky, které odpovídají aktuálnosti řešení dané problematiky a mají praktické využití. Výstupy jsou okamžitě využitelné ve Výukovém a výzkumném centru DFJP pro rutinní kvalifikaci tuhých maziv; doporučení k optimálnímu přítlaku lze předat i provozovatelům mazacích systémů. K jejich správnosti a interpretaci mám nicméně následující poznámky:

- Uváděné jednotky pro přítlak (kg) a třecí moment ($\text{cm} \cdot \text{kg}$) jsou sice nativní pro zkušební stroj Amsler A-135, ale pro prezentaci výzkumných dat nevhodné.
- Práce obsahuje některá zvláštní tvrzení, např. o tom, že je třeba součinitel tření přepočíst kvůli vlivu závaží, ale následně je konstatováno, že se hodnoty významně neliší. Tyto vlivy by měly být automaticky zahrnuty do výpočtu souč. tření; pokud ne, měla by být explicitně vyjádřena souhrnná chyba/nejistota měření, která toto zanedbání pokrývá a porovnat ji s požadovanou přesností dle normy 15427-2-1:2022. Je zvláštní demonstrovat vliv korekce na grafu (Obrázek 37 a tvrzení „Z grafu je vidět, že pro nižší zatížení je rozdíl malý oproti vyšším závažím“), pakliže

se dá explicitně vyjádřit (v % při daném přitlaku). I přes velký rozptyl dat považuji odchylku 5 % (pro největší přitlak) za významnou.

- Další tvrzení, které lze rozporovat je, že „Aplikační plocha (tyčinky) má být plošná jako ve skutečném provozu“. Norma uvádí, že má být dosaženo srovnatelného kontaktního tlaku, nikoli plochy.
- V práci je uvedeno, že do výpočtu souč. tření je třeba přičíst i normálovou sílu vyvozenou hmotností závaží pro přitlak maziva. Výsledkem je přepočtený souč. tření f_k (vzorec (9)). Nicméně se domnívám, že také velikost třecí síly mezi tyčinkou a kotoučem ovlivňuje velikost třecího momentu detekovaného na horním kotouči. V práci není uvedeno, zda je tento faktor zohledňován či nikoliv. To by mohlo částečně vysvětlovat prakticky skokový pokles souč. tření po ukončení přitlaku tyčinky. Prosim o komentář případně kvantifikaci chyby nezahrnutím tohoto faktoru.
- Hlavním cílem práce bylo stanovit vliv různých parametrů aplikace tuhého maziva (zejména velikosti přitlaku) na vývoj součinitele tření. Tyto vlivy jsou diskutovány na základě lineárních spojnic trendů. Hledání korelací (lineární závislosti) mezi jednotlivými parametry vývoje souč. tření a přitlaku je trochu zavádějící, jelikož do vyhodnocení jsou zahrnuta různá data (např. s čištěním kotouče po určité době a bez). Statistická analýza na reprezentativním vzorku dat by jednoznačně prokázala, zda významnost korelací nebo lineární závislosti.
- V části 5.2 je diskutován vliv pořadí testů s ohledem na změnu kontaktní plochy tyčinky. Domnívám se, že rovněž zvolená metoda čištění vzorků mezi testy („kusem látky“) nemusí vést k odstranění reziduální třecí vrstvy, i když následuje záběh vzorků na úroveň „suchého“ tření.
- Dlouhou dobu návratu na hodnotu suchého tření, které bylo u některých testů se vzorkem M2 lze považovat za žádoucí vlastnost tuhého maziva. Pro další práci by bylo zajímavé analyzovat vliv složení na toto chování.

3 Soulad s normami a předpisy

Práce se explicitně opírá o ČSN EN 15427-2-1 s cílem posoudit vliv faktorů, kterým se norma detailněji nevěnuje. K tomu mám následující hodnocení:

- V případě přitlaku tyčinky tuhého maziva nejsou nedostatky normy tak zásadní, jak je v práci konstatováno. Norma ČSN EN 15427-2-1:2022 uvádí jako srovnávací kritérium přitlaku tuhého maziva kontaktní tlak mezi tyčinkou a diskem, který by měl odpovídat kontaktnímu tlaku při reálné aplikaci. To lze pro tato srovnávací měření považovat za dostatečné vymezení. V práci nejsou tlaky uváděny a chybí informace o velikosti kontaktního tlaku v reálné aplikaci. Podle mých informací jsou tlaky spíše menší než ty, studované v diplomové práci.
- V případě teploty lze nedostatky normy považovat za zásadnější. Zejména u tuhých kompozic, které jsou založeny na termoplastické matici. Bohužel v práci chybí informace, zda jsou studované kompozice založené na termoplastových nebo termosetových polymerech.

4 Formální náležitosti

Text o rozsahu 56 stran je členěn logicky, obsahuje seznam symbolů, obrázků a tabulek, grafické prvky jsou dobře čitelné. Jazyková úroveň je dobrá, jen s občasnými typografickými nebo gramatickými chybami. Ostatní formální náležitosti jsou splněny.

5 Originalita a možnosti právní ochrany

Dosažené výsledky v podobě úprav zkušebního stroje a výsledků experimentů jsou originální a přínosné. Data by mohla být součástí publikace v odborném časopise. Právní ochrana není relevantní.

Celkové hodnocení

Diplomová práce **splnila stanovené cíle, vykazuje potřebnou technickou úroveň a přináší prakticky využitelné výsledky**. Zejména s ohledem na úroveň interpretace výsledků navrhuji práci **ohodnotit známkou C** podle stupnice ECTS.

Otázky oponenta:

1. Práce se vůbec nezmiňuje o tuhých mazivech určených pro aplikaci do oblasti jízdní plochy kola, pro které je metoda testování popsána v normě ČSN P CEN/TS 15427-2-2. Prosím, aby uchazeč popsal specifika testování těchto tuhých maziv na dvoukotoučovém stroji s ohledem na jejich vlastnosti a použití.
2. Problematika záběhu vzorků je často diskutována u tribologických testů rozhraní kolo-kolejnice. Ačkoli je v normách cílový stav označován jako „dry friction“, nejedná se o zcela „čisté“ podmínky. Prosím, aby uchazeč diskutoval složení třecí vrstvy po záběhu vzorků, zejména s ohledem na tvorbu oxidů.

V Brně 26.05.2025

doc. Ing. Milan Omasta, Ph.D.